Die Aenderung der Elastizität verschiedener Goldlegierungen durch Wärmebehandlung.

Von

Franz Uhl

1920

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Prof. Dr. H. Peckert.

Die Aenderung der Elastizität verschiedener Goldlegierungen durch Wärmebehandlung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Franz Uhl
aus Königseggwald O.A. Saulgau

Druck der Buchdruckerei Johs. Gauger, Reutlingen
1930

Zum Druck genehmigt von der medizinischen Fakultät der Universität Tübingen.

Dekan: Prof. Dr. Oertel.

Referent: Prof. Dr. Wannenmacher.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lb. Eltern.

Für den Zahnarzt ist heute die Kenntnis der mechanischen Eigenschaften der Goldlegierungen von grösster Bedeutung, da für bestimmte Arbeiten Gold mit ganz bestimmten Eigenschaften notwendig ist. So kann ein und dieselbe Legierung je nach der Behandlungsart ganz verschiedenes Verhalten zeigen, was uns in praktischer Hinsicht sogar sehr erwünscht ist. Ein Kronenring muss geschmeidig sein, dabei auch eine bestimmte Festigkeit besitzen. Von Klammergold verlangen wir hauptsächlich hohe Elastizität und Festigkeit, um eine starre Kraftübertragung auf die umklammerten Zähne zu vermeiden und so das Paradentium in kurzer Zeit nicht zu gefährden. Grösste Bedeutung kommt der Elastizität aber in der Orthodontie zu in der Anwendung der elastischen Bögen, da neuerdings die kontinuiterliche Kraftentwicklung die intermittierende Kraftwirkung fast ganz verdrängt hat, um möglichst physiologische Wirksamkeit zu erzielen.

Unter Elastizität versteht man das Bestreben eines Körpers, nach Formveränderung wieder seine ursprüngliche Gestalt einzunehmen.

Wirkt nun eine Kraft in steigendem Masse auf einen Körper (in unserem Falle auf die Golddrähte) ein, so tritt eine Grenze auf, d. i. die Elastizitätsgrenze, oberhalb welcher die Drähte nicht mehr ihre ursprüngliche Lage einnehmen, sondern eine Deformation aufweisen.

Wenn wir uns fragen, wovon die Elastizität der Edellegierungen abhängig ist, so können wir heute mit Bestimmtheit sagen, dass der Cu und Pt.-Gehalt eine wesentliche Rolle spielen.

Die Vergütbarkeit, das heisst Steigerung der Elastizität einer abgeschreckten Edellegierung, die unelastisch und weich ist, durch Glühen bei bestimmter Temperatur bestimmt lange Zeit und hernach langsames Erkalten, ist in der Hauptsache abhängig vom Cu-Gehalt.

War man sich vor zehn Jahren über dieses Verhalten einer Au-Cu-Legierung noch nicht klar und führte diesen Vorgang lediglich auf eine lückenlose Reihe von Mischkristallen zurück, so wissen wir heute nach den Untersuchungen von Kurnakow, Zemezuzny und Zobatelew, dass es sich um Auftreten der chemischen Verbindungen Au Cu und Au Cu 3 handelt.

Vergütbare Legierungen sind aber besonders notwendig und erwünscht. Einmal lässt sich derartiges Material leicht verarbeiten, indem man es durch kurzes Glühen und hernach abschrecken in Wasser oder Spiritus weich und geschmeidig macht. Will man nun nach der Bearbeitung z. B. eines orthodontischen Bogens seine ursprüngliche Elastizität und Härte erreichen, so geschieht dies durch Erwärmen bei einer bestimmten Temperatur (350 ° C) bestimmt lange Zeit (Optimum bei 20 Min.) und langsames Abkühlen auf Zimmertemperatur.

Bevor auf die Untersuchungen eingegangen wird, seien die in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten besprochen, soweit sie für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind.

Maranka, der sich mit der elastischen Konstitution der Au-Cu-Legierungen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung für die Zahnprothese befasste, stellte fest, dass die Legierung 800/1000, d. h. 800 Tle Au und 200 Tle Cu allen anderen untersuchten Au-Cu-Legierungen überlegen war. Ferner fand er bei seinen Durchbiegungsversuchen, dass geglühtes Material eine weit höhere Zahl von Durchbiegungen, aber weit geringere Belastung

durch Kraft oder Gewicht erlaubt. Die verschiedenen Resultate, die Maranka bei seinen Vergleichsversuchen erhielt, führte er auf Vorbehandlung zurück und sagte deshalb, es wäre stets die Vorbehandlung zu berücksichtigen. Eine Fehlerquelle zeigt Marankas Arbeit in dem Umstand, dass er die einzelnen untersuchten Materialien trotz verschiedener Grössen untereinander verglich.

Sterner-Rainer untersuchte vor einigen Jahren Edelmetall-Legierungen und wies nach, dass nicht nur bei den Au-Cu-Materialien, sondern auch den ternären Legierungen (Au-Ag-Cu) die chemische Verbindung Au-Cu auftrat.

Tryfus war in Verbindung mit Nowack bestrebt, eine neue Legierung für die Orthodontie zu suchen, die den amerikanischen Materialien überlegen sein sollte. Tryfus erkannte, dass für die Verwendungsfähigkeit nicht ausschliesslich die Wahl der Komponenten einer Legierung, vielmehr ihr Aufbau, die innere Struktur und die Behandlung mitbestimmend für die Güte sei. Sodann gelang es Tryfus im Verein mit Nowack eine 18 kt. Goldlegierung herzustellen, die sich auch vergüten liess. Tryfus stellte Zerreissversuche mit der Losenhaus'schen Zerreissmaschine an und bestimmte die Elastizitätsgrenze mit dem Degussa-Abwicklungsapparat. Auf die Ungenauigkeit dieser Apparatur sei weiter unten eingegangen!

Wannenmacher zeigte in einer im Jahre 1927 erschienenen Arbeit zum ersten mal die grosse Bedeutung der Vergütbarkeit bei Untersuchung der Edelmetall-Legierungen Janus II und Janus III. Es stellte sich dabei heraus, dass sie für fast alle prothetischen, konservierenden und orthopädischen Arbeiten verwendungsfähig sind; für einige speziellen Arbeiten (orthodon. Bögen, gegossene Klammern, geprägte und gegossene Platten, Halbkronen) eignen sie sich ganz besonders und übertreffen jede übliche Goldlegierung.

Westphal berichtete vor einigen Monaten über Untersuchung der elastischen Eigenschaften der Klammermetalle und ihrer Veränderungen. Seine Versuche dienten zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls und der Elastizitätsgrenze. Westphal verwendete dazu 14 verschiedene Klammerarten verschiedener Formen. Ausserdem stimmten die Dimensionen der einzelnen Materialien nie überein und erforderten genaue Ausrechnung. Liegen hierin sicherlich schon Fehler, so wird eine genaue wissentschaftliche Untersuchung fraglich dadurch, dass 10 verschiedene Materialien vor der Untersuchung in eine für die Versuche geeignete Form gegossen wurden. Dabei führt Westphal nicht an, ob stets die gleiche Gussform in Anwendung kam, welche Temperatur jeweils zum Schmelzen nötig war und wie die Abkühlung der einzelnen Materialien erfolgte. Strukturabweichungen von der fabrikmässigen Herstellungsweise sind hier sicherlich aufgetreten. Ferner ist aus der Arbeit Westphals nicht ersichtlich, ob er eine Vergütung lege artis ausgeführt hat!

Phill Walter stellte vor kurzem eine vergleichende Untersuchung an über das Verhalten unechter Hauptbogen und Fingerfedernmaterialien der Orthodontik nach mechanischer und thermischer Behandlung. Aus den Versuchen der Zerreissfestigkeit und Dehnung ging hervor, dass für den Hauptbogen als Ersatz für echtes Material auch ein unechtes verwendet werden kann. Weiter führt Walter an: „Freilich wird es sich immer nur um einen Ersatz handeln können, da ein solcher Bogen auf die hervorragenden Eigenschaften echten Materials bedauerlicherweise verzichten muss. Betreffs der Fingerfedern ist zu sagen, dass unechtes Material auch nicht ersatzweise verwendet werden sollte, weil es seine Elastizität bei jeder Lötung einbüsst." Zur Ermittlung der Elastizitätsgrenze verwendete Walter wie Westphal und Tryfus einen Degussa-Abwicklungsapparat. Er las dabei Deformationswinkel von 0,1 °—0,9 ° ab, wobei zu bemerken ist, dass ein Ablesen von 0,5 Winkelgrad schon nicht mehr als genau zu bezeichnen ist. Bei Ermittlung

der Elastizitätsgrenze fand er, daß bei normaler Löttemperatur der Elastizitätsgrad des unechten Hauptbogens sich gewaltig verschlechtert, beim unechten Fingerfedermaterial dagegen praktisch nur unbedeutend verringert wird. Bei der Speziallegierung trat nach dieser Behandlung und nachfolgendem Vergüten (Tempern oder Anlassen) eine höhere Elastizität auf, als die des Anlieferungszustandes betrug. Walter zog aus dieser Versuchsreihe den Schluss, dass eine Vergütbarkeit unechten Materials unmöglich ist, ferner, dass echtes Material den grossen Vorzug hat, dass es bei Ueberhitzung noch vergütbar bleibt. Walter kommt dann auf Grund seiner Beobachtung über die Verhaltungsweise der untersuchten Materialien zu der Auffassung, dass der Aussenbogen unecht sein darf. „Der Innenbogen sollte nur in echter Ausführung zur Anwendung kommen, da für naturgemässe und feindifferenzierte Regulierungen hohe Konsistenz und Festigkeit der Apparatur verlangt werden muss. Für Fingerfedern ist unechtes Material der von Walter geprüften Zusammensetzung absolut unverwendbar, weil es beim Löten die Elastizität einbüsst und nicht mehr vergütet werden kann. Für derartige Apparatur stellt aber die Orthodontik ihre Forderung auf hohe Vergütbarkeit."

Bevor die verschiedenen Edelmetall-Legierungen untersucht wurden, sollten Vorversuche an Nikelindraht und Krupp VII a Stahldraht Richtlinien für die Untersuchungsweise abgeben.

Die Länge betrug bei Bestimmung der Elastizitätsgrenze jeweils 4,5 cm und der Durchmesser = 0,1 cm. Um Mittelwerte zu bekommen, wurden von einer Sorte 5 Drähte untersucht:

1. Im Anlieferungszustand.
2. Weich d. h. auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt in Wasser.
3. Vergütet d. h. 10 Min. bei 300 ° geglüht, hernach langsames Erkalten.

Verwendet wurde dazu der Degussa-Abwicklungsapparat.

Nikelindraht (s. Tabelle) besitzt eine mittlere Elastizitätsgrenze, die im abgeschreckten Zustand von 15 ° auf 8 ° sinkt. Im vergüteten Zustand liegt sie ebenfalls bei 8 °, woraus also folgert, dass bei Nikelindraht eine Vergütung unmöglich ist. Der Elastizitätsmodul, worunter wir die der Deformation entgegenwirkenden Kräfte verstehen, wird durch Glühen sogar um das Dreifache verringert. Die Zerreissfestigkeit ist im vergüteten wie weichem Zustand kaum verändert, liegt etwa bei 45 bezw. 47 kg Belastung und ist wiederum eine Bestätigung für die Unmöglichkeit einer Vergütbarkeit des Nikelindrahtes.

Bei **Krupp VII a** Stahldraht (s. Tabelle) liegt die Elastizitätsgrenze im Anlieferungszustand nahezu bei 10 Winkelgraden, fällt im weichem Zustand um die Hälfte. Eine Vergütbarkeit tritt nicht ein. Die Elastizitätsmoduli gehen parallel dem Verhalten der Elastizitätsgrenze. Die Zerreissfestigkeit liegt bei 77 kg in weichem Zustand und bei 81 kg nach Vergütbarkeit. Wie hieraus ersichtbar ist, lässt Krupp VII a Draht kein Vergüten zu.

Meine Hauptversuche erstreckten sich auf folgende Golddrähte:

Janusgold I.
Janusgold II.
Janusgold III.
18 Kt. rot.
18 Kt. Nr. 190.
18 Kt. 5 % Pt.
18 Kt. 10 % Pt.

20 Kt. gelb.
20 Kt. Nr. 40.
20 Kt. 10 % Pt.
Gussweissgold.
8201 Weissgold.

Die Legierungen wurden in liebenswürdiger Weise von der Firma Dr. K. Wieland, Pforzheim zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Von den 12 Vergleichsmaterialien wurden je 5 Drähte in den drei verschiedenen Zuständen zur Abbiegung gebracht, um ein genaueres und zuverlässigeres Bild zu erhalten;

1. Im Anlieferungszustand.
2. Weich, d. h. auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt in Wasser.
3. Vergütet, d. h. in einem Salzbad 10 Minuten auf 300 ° erhitzt, hernach Sinken der Temperatur 10 Minuten auf 250 °, dann langsam erkalten lassen bei Zimmertemperatur.

Zuerst wurden die Drähte im Anlieferungszustand untersucht, der für die einzelnen Materialien ja als konstant anzunehmen ist, wobei die Firma Wieland-Pforzheim auf mein Ersuchen bei der Herstellung der Versuchsdrähte besonders sorgfältig und gleichmässig vorging; denn wäre die Herstellungsweise jedesmal eine andere, so müssten gleichartige Drähte in ihren mechanischen Eigenschaften jeweils erheblich variieren.

Als Apparatur zur Elastizitätsbestimmung verwendete ich einen von Wannenmacher abgeänderten Abwicklungsapparat, der so konstruiert ist, dass durch eine eingebaute Rolle die Biegungen gewichtsmässig gemacht werden. Die Winkelgradeinteilung auf der Skala wurde so gewählt, dass 0,5 ° noch gut abgelesen werden kann. Die Reibung der Rollenübertragung beträgt 7—8 g. Eine Berechnung des Elastizitätsmoduls, d. h. des Elastizitäts-Wertes oder der Deformation entgegenwirkenden Kräfte, ausgedrückt in dem Verhältnis Beanspruchung: g (nach Schlampp) Veränderung; mm unterblieb absichtlich, da jeder Autor [Kohlrausch, Hütte, Schlampp) eine andere Berechnungsart angibt, der bei so geringen Grössenverhältnissen starke Fehler anhaften. Bei unserer Versuchsanordnung ist dies auch unnötig, denn ein Blick auf die Tabelle zeigt ohne weiteres die Grösse des Elastizitätsmoduls. Zum Schlusse wurde noch die Zerreissfestigkeit ermittelt. Dabei gelangten je 3 Drähte zur Untersuchung im vergüteten und weichen Zustand. (Länge 1 = 2,0 cm; d = 0,1 cm.) Der hiefür gebrauchte Zerreissapparat besitzt zwei Einspannbacken. Während die untere Backe in der Basisplatte verankert ist, befindet sich die obere an einem Hebel auf dessen einem Hebelarm eine Gewichtsgraduierung aufgezeichnet ist. Die Drähte wurden zwischen die Backen so eingespannt, dass der Abstand der Klemmbacken noch genau 1 cm betrug, also ein Drahtstück von 1 cm geprüft wurde. Die einzelne Belastung dauerte 1 Minute. Die hieraus gewonnenen Resultate müssen als relativ angesehen werden, da durch die starke Einschnürung an den Einspannstellen eine schwache Stelle gesetzt wurde, so dass der Draht dort leicht brach.

+ gibt an, dass der Draht in der Mitte riss.
† gibt an, dass der Draht oben an der Einspannstelle riss.
┼ gibt an, dass der Draht unten an der Einspannstelle riss.

Die erhaltenen Werte werden sich unter Berücksichtigung der Einspannvorrichtung bei den geringen Dimensionen (1 mm) kaum „absolut" gestalten

lassen. An die geringen Dimensionen waren wir für diese Versuche gebunden, da man auf diese Weise am ehesten Werte bekommt, die fast ohne weiteres auf praktische Verhältnisse übertragen werden können. Es zeigt sich, dass eine Erhöhung der Zerreissfestigkeit stets paralell geht demselben d. h. vergütbaren Zustand bei der Elastizitätsbestimmung und umgekehrt sinkt sie im weichen Zustand im Verhältnis zur Verminderung der Elastizitätsgrenze.

Janus I (s. Tabelle hinten) weist im Anlieferungszustand geringe Elastizität auf. Die Elastizitätsgrenze wird im weichen Zustand noch merklich verringert, ebenso der Elastizitätsmodul, dagegen sehen wir in vergütetem Zustand Elastizitätsgrenze und Elastizitätsmodul um das Doppelte des Anlieferungszustandes gesteigert. Der Bruch zweier Versuchsdrähte bei Belastung von 650 bezw. 700 g sagt uns, dass infolge Vergütbarkeit eine härtere Struktur eingetreten ist. Die Zerreissfestigkeit ergibt ungefähr dasselbe Bild; im weichen Zustand liegt die Belastungsgrenze bei 35 kg und nach Anlassen also auch eine Steigerung der Festigkeit bei 58 kg.

Janus II (s. Tabelle) hat schon im Anlieferungszustand hohe Elastizitätsgrenze und ausgeprägten Elastizitätsmodul, die wiederum in weichem Zustand bedeutend sinken. Vergütet tritt eine Erhöhung der Elastizität über den Anlieferungszustand hinaus ein.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 54 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 67 kg Belastung

Janus III (s. Tabelle) besitzt im Anlieferungszustand eine Elastizitätsgrenze, die zwischen Janus I und II liegt. Dasselbe Verhalten zeigt der Elastizitätsmodul. Im weichen Zustand ist eine bei weitem nicht so ausgeprägte Verringerung der Elastizitätsgrenze zu sehen, wie bei Janus II; dagegen ist hier die Vergütbarkeit am eindrucksvollsten von allen Versuchsmaterialien.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 57 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 74 kg Belastung

18 Kt. rot (s. Tabelle) lässt im Anlieferungszustand eine mittlere Elastizitätsgrenze erkennen. Das Abschrecken bewirkte ein Sinken. Die Vergütbarkeit ruft starke Vergrösserung der Elastizität hervor, so dass wir wie bei den Janusgolden auch hier das Auftreten der chemischen Au-Cu und Au Cu 3 annehmen müssen, wie dies ja auch die Untersuchungen von Sterner-Rainer ergeben haben.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 37 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 62 kg Belastung

18 Kt. Nr. 190 (s. Tabelle), dessen Elastizität äusserst gering ist, zeigt nach Verminderung der Elastizität im weichen Zustand keine Veränderung nach Vergütbarkeit, so dass diese hier nicht möglich ist.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 32 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 34 kg Belastung

18 Kt. 5 % Pt. (s. Tabelle) bietet ein ähnliches Bild wie 18 Kt. rot. Die Elastizitätsgrenze im Anlieferungszustande fällt etwas durch Abschrecken, erhöht sich enorm beim Vergüten. Der Elastizitätsmodul verhält sich wiederum gleich.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 44 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 58 kg Belastung

18 Kt. 10 % Pt. (s. Tabelle). Hier tritt uns nun in auffallender Weise die Tatsache entgegen, dass der Pt-Zusatz die Elastizität erheblich steigert. Proportional dem weiteren Zusatz von 5 % Pt. gilt für diesen Draht das vom 18 Kt. 5 % Pt-Gesagte.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 53 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 64 kg Belastung

20 Kt. gelb (s. Tabelle) ist von allen Versuchsmaterialien am wenigsten elastisch. Die Elastizität geht in weichem Zustand noch etwas herunter und bleibt nach Vergütung auf gleicher Stufe; Vergütbarkeit somit ausgeschlossen!

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 28 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 29 kg Belastung

20 Kt. Nr. 40 (s. Tabelle). Die Elastizitätsgrenze ist sehr nieder, fällt noch nach Abschrecken und steigt minimal durch Anlassen, höchstwahrscheinlich auf eine kleine Strukturänderung zurückzuführen ist. Als eigentliche Vergütbarkeit kann diese minimale Elastizitätserhöhung nicht angesprochen werden!

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 32 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 35 kg Belastung

20 Kt. 10 % Pt. (s. Tabelle). Hier machte sich der Pt-Zusatz wiederum im günstigen Sinne bemerkbar. Im Vergleich mit den anderen 20 Kt. Sorten müssen wir eine enorme Erhöhung der Elastizitätsgrenze und des Elastizitätsmoduls zugestehen. Im abgeschreckten Zustand beobachten wir geringes Heruntergehen und nach Anlassen deutliche Steigerung der Elastizität.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 45 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 49 kg Belastung

Gussweissgold (s. Tabelle) reagiert kaum auf Abschrecken. Seine mittlere Elastizitätsgrenze wird durch Vergütbarkeit über den Anlieferungszustand in geringer Weise gesteigert.

Zerreissfestigkeit in weichem Zustand = 50 kg Belastung
Zerreissfestigkeit in vergütetem Zustand = 53 kg Belastung

Durch diese Untersuchungen wird erneut dargetan, wie wesentlich die Wärmebehandlung der allgemein üblichen zahnärztlichen Goldlegierungen ist und wie sie sich in der Aenderung ihrer Eigenschaften auswirkt. Die besonders vergütbar „konstruierten" Legierungen zeigen eine derartige Variabilität im mechanischen Verhalten, dass sie heute schon für manche Arbeiten in der zahnärztlichen Prothetik und Orthopädie unentbehrlich sind. Besonders hervorzuheben sind bei den vergüteten Legierungen (Janus I, II, III) die bedeutende Steigerung ihrer Festigkeitswerte im vergütbaren Zustand, so dass man bei manchen Arbeiten die Dimensionen erheblich reduzieren kann, wodurch die prothetische Arbeit funktionell und hygienisch vollwertiger wird.

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Wannenmacher, in gebührender Weise danken für Konstruktion des Abwicklungsapparates, die Beschaffung der Versuchsmaterialien und tatkräftige Unterstützung während der Arbeit.

Vor-Versuche (Degussa-Apparat)

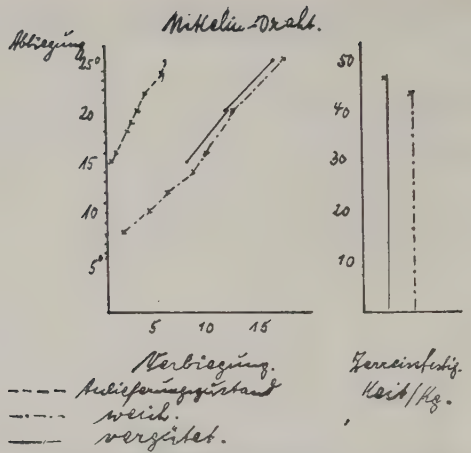
Nikelin-Draht, d = 0,1, 1 = 4,5 cm. **Anlieferungszustand**

Abbiegung	und	Verbiegung			in Graden
	1	2	3	4	5
5	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—
15	1	—	—	1	0,5
16	2	0,5	—	1	1
17	2	1	1	2	1
18	2	1	1	2	2
19	3	2	2	2,5	2,5
20	4	2,5	2,5	3	3
21	4,5	3	3	3,5	3,5
22	5	4	4	4	4
23	6	5	4,5	5	5
24	6	5	5	5	5
25	6,5	6	6	6	6

Nikelin-Draht d 0,1, 1 = 4,5 cm

Auf Rotglut erhitzt — rasch abgeschreckt in Wasser

Abbiegg.	Verbiegung					10 Min. 300° geglüht, langsam erkalten, i. Graden				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2,5
9	3	3	3	3,5	3,5	3	3,5	3,5	3	3,5
10	4	4	4	4,5	4,5	4	4	4,3	4	4,5
11	5	5	5	5	5	4,5	5	5,5	5	5
12	6	6	6	6	6	5	6	6	5,5	6
13	6	7	7	7	7	6	7	7	6,5	7
14	7	8	8	8	8	7	8	8	7	8
15	8	9	9	9	9	8,5	8	9	8	8,5
16	9	10	10	10	10	9	9	10	9	9,5
17	10	10,5	11	11	11	10	10	11	10	10,5
18	11	11	11,5	12	12	11	11	12	11	11,5
19	12	12,5	12,5	13	13	12	12	13	12	12
20	13	13,5	12,5	14	14	13	13	13,5	13	13
21	14	14	14,5	15	15	15	14	14	13,5	13,5
22	15	15	15	16	16	15	15	15	14,5	15
23	15	16	16,5	17,5	17	16	16	16	16	16
24	17	17	17,5	17,5	17,5	17	17	17	17	17
25	18	18,5	18 5	18,5	18,5	18	18	18	18	18,5



Zerreissfestigkeit des Nikelindrahtes: 1 = 2,0, d = 0,2 cm
Eingespannte 1 = 1,0 cm.

Einspanzeit der Belastung Min.	Vergütet Belastung kg			weich (auf Rotglut erhitzt abgeschreckt) kg		
	1	2	3	1	2	3
1	30	30	30	30	30	30
1	40	40	40	40	40	40
1	42	42	42	42	42	42
	44+	44	44	44	44+	44+
		46	46	46+		
		48+	48+			

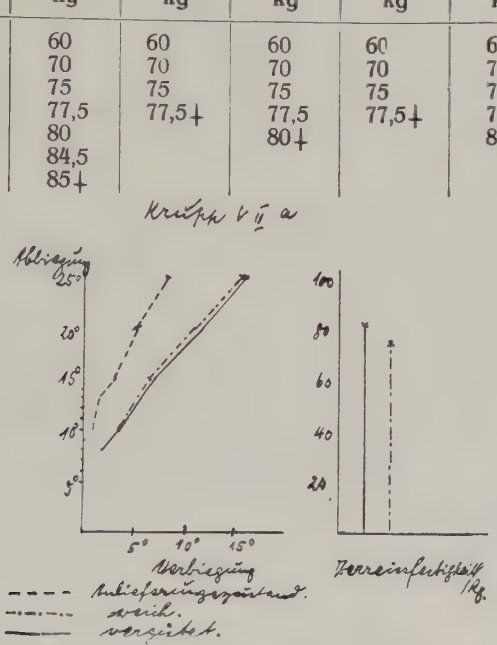
Krupp VII a d = 0,1, 1 = 4,5 cm.
Anlieferungszustand. Auf Rotglut erhitzt, rasch abgeschreckt i. Wasser

Abbiegung	Verbiegung					Verbiegung in Graden				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	1	0,5	1	1	2	3 5	3,5	3,5	3,5
11	0,5	1	1	1	1,5	2,5	4	4,5	4,5	4
12	1	2	1	2	2	3,5	5	5	5	5
13	1,5	2,5	1,5	2	3	4	5,5	6	6	6
14	2	3	2	2	3	5	6,5	7	6,5	6,5
15	2,5	4	2,5	3	4	5,5	7,5	8	7,5	7
16	2,5	4	2,5	3	4	6	8	8,5	8	8
17	3	4	3	3	4	6,5	9	9	9	9
18	3	5	3	4	4	7	10	10	10	10
19	4	5	4	4	5	7,5	11	11	11	11
20	4	6	4	4,5	6	8,5	11,5	12	11,5	12
21	5	6,5	5	5	6	9	12,5	13	13	12,5
22	5	7	6	5	7	10	13,5	14	14	13,5
23	6	7,5	6	6	8	11	14,5	15	15	14,5
24	6	8	7	6,5	9	12	15	16	15,5	15,5
25	7	9	7,5	7	10	13	16,5	16,5	16	16

Zerreissfestigkeit des Krupp VII a; 1 = 2,0; d = 0,1 cm

Eingespannte 1 = 1,0 cm

Belastung Zeit Min.	vergütet: 1 kg	2 kg	3 kg	weich: 1 kg	2 kg	3 kg
1	60	60	60	60	60	60
1	70	70	70	70	70	70
1	75	75	75	75	75	75+
1	77,5	77,5+	77,5	77,5+	77,5	
1	80		80+		80+	
1	84,5					
1	85+					



Krupp VII a, 10 Minuten bei 300° C geglüht langsam erkaltet.

Abbiegung	und Verbiegung 1	2	3	4	in Graden 5
5	—	—	—	—	—
8	2	2	2	2	2
9	2,5	2,5	3	3,5	3
10	3	3,5	4	3,5	4
11	3,5	4	4,5	4,5	4,5
12	4	5	5	5	5
13	5	5,5	6	6	5,5
14	6	6	6,5	6	6
15	6,5	6,5	7	7	7
16	7	7	8	8	7,5
17	8	8	9	9	8,5
18	9	8,5	10	10	9
19	10	10	10,5	11	10
20	11	10,5	11,5	11,5	12
21	12	11	12,5	12	12,5
22	13	12	13,5	13	13
23	13,5	13,5	14,5	14	14
24	14	14,5	15	15	15
25	15	15	16	16	16

Janus I. d = 0,1; l = 4,0 cm.

Anlieferungszustand

Belastung	Abbiegung					Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	5	4	4	4	5	—	—	—	—	—
250	9	6,5	6,5	8	8	—	—	—	—	—
300	23	16,5	15	22	14,5	12,5	6	5	11,5	4,5
350	43	49,5	40	39,5	30	32	36	28,5	28,5	18,5
360	39	—	44	49	35	38	—	33,5	37	24
370										
400										

auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt

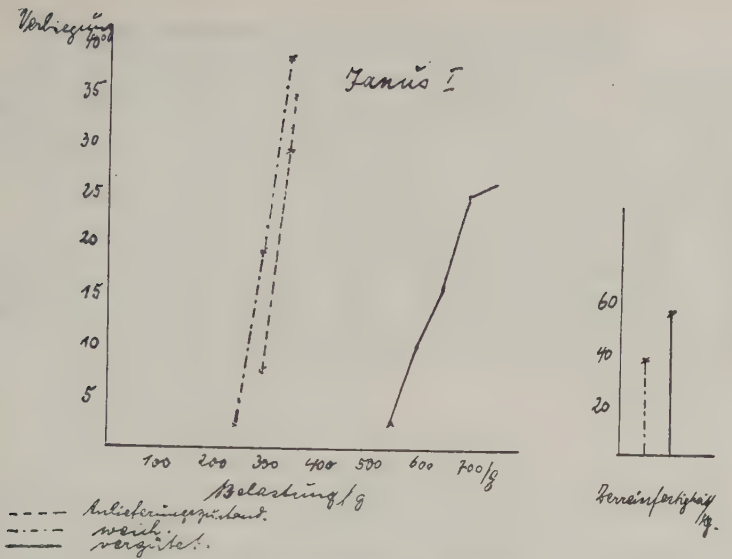
Belastung	Abbiegung					Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	4	4	5,5	4	4,5	—	—	—	—	—
250	13	10	11,5	8,5	10	3,5	1	2,5	—	—
300	31,5	25	32,5	29	30	25,5	15	22	18,5	18
350	49	49	49	49	49	38	39	39	38,5	37,5

Zerreissfestigkeit weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	32	32	32
1		34	34
1			36

Vergütet im Salzbad: 10 Minuten auf 300° C
10 „ „ 250° C
dann erkalten

Belastung	Abbiegung					Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3,5	4	5	1	Vor der Belastung abgebrochen	—	—	—	—	—
250	4,5	5,5	6,5	2		—	—	—	—	
300	6	6	8	3		—	—	—	—	
350	8	9	10	4		—	—	—	—	
360	9	10	11	5,5		—	—	—	—	
370	9,5	10,5	11,5	6		—	—	—	—	
400	10,5	11,5	12	6,5		—	—	—	—	
450	12	13,5	14,5	11		—	—	—	—	
500	15	17	16,5	14,5		—	—	—	—	
550	20	22	23,5	19		2	4	5	0	
600	28,5	28,5	31	34,5		8,5	8	10	13	
650	34,5	38,5	40	abge-		13	17	18	—	
700	46	48,5	abge-	bro-		24	26	—	—	
750	49	—	broch.	chen		26	—	—	—	



Zerreissfestigkeit vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	50	50	50
1	52	52	52
1	54	54	54 ┼
1	56	56	
1	58	58	
1	60 ┼	60 ┼	

Janus II. Anlieferungszustand 1 = 4,0, d = 0,1 cm.

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung			in Graden	
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	2	3,5	3	4	3	—	—	—	—	—
250	3,5	5	4,5	6	4,5	—	—	—	—	—
300	5	6,5	6	7,5	6	—	—	—	—	—
350	7	8	7	9,5	8	—	—	—	—	—
400	9,5	9,5	8,5	11,5	10	—	—	—	—	—
450	11	11,5	11	14,5	12,5	—	—	—	—	—
500	13	13	13,5	18	14,2	—	—	—	—	—
550	14,5	16	14,5	23	16	—	—	—	2,5	—
600	17	17	17	26	19	—	—	—	5	—
650	20	22	20	35	21,5	—	1	—	12,5	1
680	22,5	28	26	39,5	24,5	1,5	6	3	17	2
700	30	36,5	27	41	26	9	14,5	3,5	17,5	4,5
750	41	40	29	46	30	19	17,5	5	23,5	6,5
790	47	47,5	46	49	39	26	25,5	22	24	14,5

Janus II. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt.

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	4	3,5	3	2	—	—	—	—	—	—
250	5,5	5	5	3,5	8	—	—	—	—	—
300	8	8	7	5,5	10	—	—	—	—	—
350	11	11,5	9,5	8,5	12	—	—	—	—	—
400	15,5	16	12,5	16	20	1,5	2	—	2	5,5
450	24	24	21,5	26	34	9,5	9	5	8	19
500	39	43,5	23	37,5	49	25	27,5	6,5	20	33,5
550	47,5	45	32,5	49	—	32,5	30	14	32	—
600			49					28		

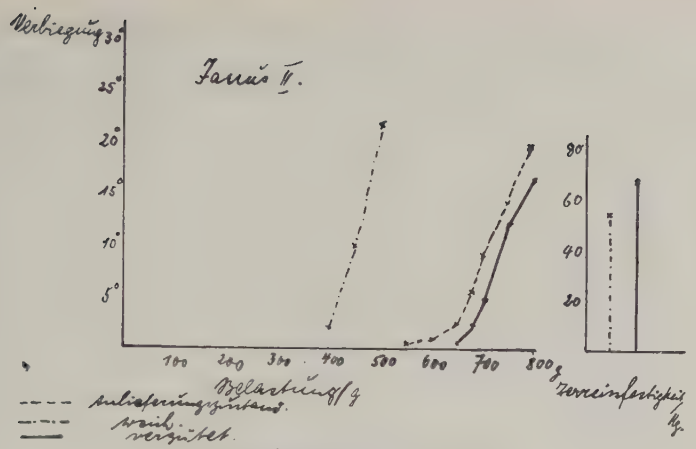
Zerreisfestigkeit.

weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	50	50	50
1	52	52	52
1	54+	54+	54+

Janus II. Vergütet: d. h. in Salzbad 10 Minuten auf 300° C
10 „ „ 250° C
hernach erkalten

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	2	2	2	2	4	—	—	—	—	—
250	3	3	4,5	3,5	5,5	—	—	—	—	—
300	5	5	6	5	7	—	—	—	—	—
350	7	6,5	7,5	6,5	8,5	—	—	—	—	—
400	8	8,5	9,5	8	10	—	—	—	—	—
450	10	10,5	11	10	12	—	—	—	—	—
500	11,5	12,5	13	11,5	14,5	—	—	—	—	—
550	14	14,5	15	13,5	16	—	—	—	—	—
600	17	18	18,5	15,5	19,5	—	—	—	—	—
650	20	24	21,5	20	24,5	—	0,5	—	—	3
680	25	24,5	24	23,5	27,5	2	2	1	1	5,5
700	26,5	30	26	26,5	30,5	3,5	6,5	2,5	4,5	8
750	38	37,5	32	39	40	14	15	8,5	15	16
800	49	47,5	39,5	43,5	48	25	24	15	20	25
850	—	—	49	49	—	—	—	23	25	—



Zerreissfestigkeit vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	50	50	50
1	52	52	52
1	54	54	54
1	56	56	56
1	58	58	58
1	60	60	60
1	62	62	62
1	64	64	64
1	66↓	66	66↓
1		68↓	

Janus III. Anlieferungszustand: d = 0,1; l = 4,0 cm.

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	1,5	2,5	3	2	1	—	—	—	—	—
250	3	4,5	4,5	3,5	3	—	—	—	—	—
300	5	5,5	6,5	5	4,5	—	—	—	—	—
350	7	7	8	7	6	—	—	—	—	—
400	9	8,5	10,5	10,5	7	—	—	—	—	—
450	13	10,5	15	13	8,5	—	—	1	—	—
500	17,5	12	19,5	18,5	12	1,5	—	4	2,5	—
550	41	23,5	24,5	27	12,5	23,5	6	8,5	10,5	—
600	42,5	40	44	35,5	14,5	24,5	22	27,5	18,5	—
650	49	49	49	49	15,5	32,5	32	32,5	31,5	—
700					19,5					—
750					26,5					2
800					32					7,5
850					40					14,5
900					44,5					19,5

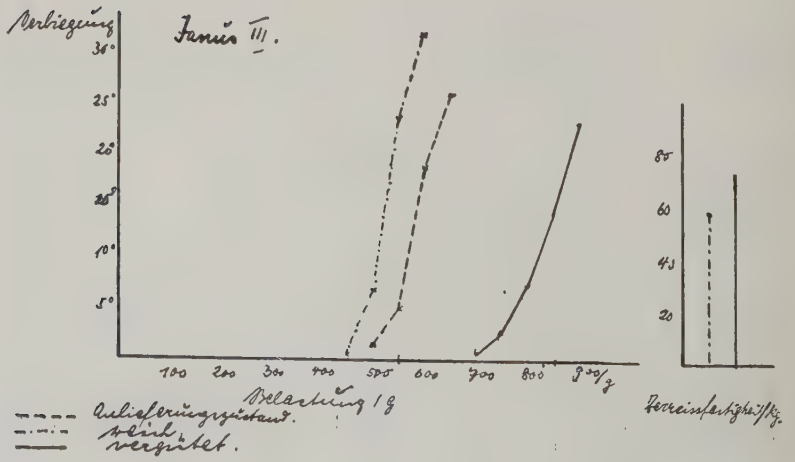
Janus III. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt.

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3,5	4	2	2,5	1,5	—	—	—	—	—
250	5	5	5	4	3,5	—	—	—	—	—
300	6,5	6,5	6,5	6	4,5	—	—	—	—	—
350	8,5	8,5	8,5	7,5	6,5	—	—	—	—	—
400	10,5	10,5	11	9	8,5	—	—	—	—	—
450	15	16	14,5	14	11	1	0,5	—	—	—
500	22	24,5	22,5	20	21,5	7	8	7	5	6
550	37,5	38	42	40	40	23,5	21,5	25,5	23,5	23,5
600	49	49	49	48	49	33	31	32	32	32

Zerreissfestigkeit

weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	40	40	40
1	50	50	50
1	52	52	52
1	54	54	54
1	56	56	56†
1	58†	58†	



Janus III. Vergütet.

Belastung	Abbiegnng				und	Verbiegung			in Graden	
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3	1,5	4	3	1	—	—	—	—	—
250	4,5	3	5	4,5	2,5	—	—	—	—	—
300	5,5	4,5	7	6	3	—	—	—	—	—
350	7	6	8,5	7,5	4	—	—	—	—	—
400	9	7,5	10,5	9	6	—	—	—	—	—
450	10,5	9	12	10	7,5	—	—	—	—	—
500	12	11	14	12	9,5	—	—	—	—	—
550	14	13	16	13,5	11	—	—	—	—	—
600	16,5	15	17,5	15	13	—	—	—	—	—
650	20	18	20,5	17,5	15	—	—	—	—	—
700	25	20,5	23	20	18	2	—	1,5	—	—
750	30	24	28	21,5	19	7	1	5,5	—	—
800	36	30,5	33	27,5	27,5	12,5	7	10	5	2
850	43,5	32	39	38	35	20	18	16	14	9
900	49	48	46,5	48	42,5	25	24	23,5	24	17

Zerreissfestigkeit.
Vergütet

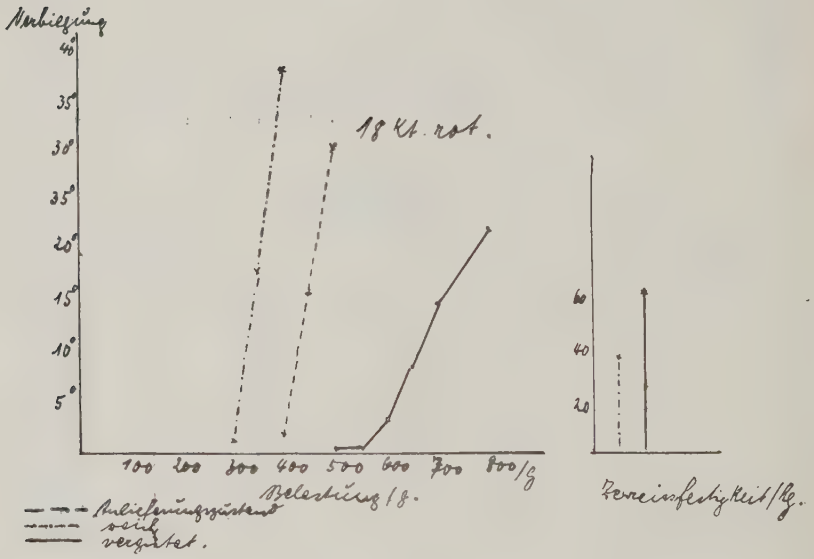
Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	50	50	50
1	60	60	60
1	62	62	62
1	64	64	64
1	66	66	66
1	68	68	68
1	70	70	70
1	72,5+	72,5	72,5
1		75+	75
1			77,5+

18 Kt. rot. d = 0,1, l = 4,0 cm
Anlieferungszustand

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung			in Graden	
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	2	2,5	2	3	3,5	—	—	—	—	—
250	4	4	4	4,5	5	—	—	—	—	—
300	6	6	5,5	6,5	7	—	—	—	—	—
350	8	9	8	8,5	10	—	—	—	—	—
400	11,5	13,0	13	12	18	—	1,5	—	—	7
450	25,5	30	30,5	21	42,5	10,5	15,5	15	6,5	29,5
500	46,5	45	47	33,5	49	31,5	31	33	19	36,5
550				49					34,5	

18 Kt. rot. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt.

Belastung	Abbiegung und					Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	4	3,5	5	3	3,5	—	—	—	—	—
250	6	6,5	7,5	5	5,5	—	—	—	—	—
300	10,5	11,5	16	8	9,5	—	1	5	—	—
350	28	35	32	24,5	27	17	23,5	20,5	52.5	16
400	49	49	49	49	49	37,5	38,5	37,5	37,5	38



Zerreissfestigkeit

weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	32	32	32
1	34	34	34
1	36	36+	36
1	38+		38+

18 Kt. rot vergütet

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3	4	7	5	1	—	—	—	—	—
250	5	5,5	9	7	4	—	—	—	—	—
300	6	7,5	11	9	5	—	—	—	—	—
350	9	10	13	11	7	—	—	—	—	—
400	11	11	15	12,5	10	—	—	—	—	—
450	13,5	13	17,5	15	12	—	—	—	—	—
500	16,5	16,5	20,5	17,5	15,5	—	—	1	—	—
550	21	21,5	24	21,5	20	—	—	2,5	—	—
600	25	26	27	27	26	2	4	4,5	4	3
650	33	30,5	35	35	30	8,5	6,5	11	10	6
700	40	40,5	38	41,5	38	14,5	15,5	14	16,5	13
750	48,5	46	49		47,5	22	12	23		22

Zerressfestigkeit vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	50	50	50
1	52	52	52
1	54	54	54
1	56	56	56
1	58	58	58⊦
1	60	60	
1	62	62	
1	64	64⊦	
1	66⊦		

18 Kt. Nr. 190. d = 0,1, l = 4,0 cm
Anlieferungszustand

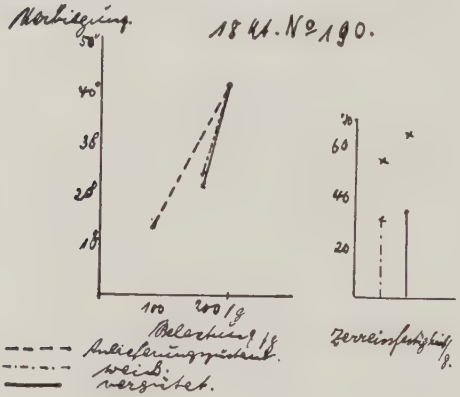
Belastung	Abbiegung					und Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	23	18	23	23	15,5	15,5	16,5	11	16,5	8,5
250	48,5	49	49	49	48,5	41,5	41	41,5	41,5	40,5

18 Kt. Nr. 190. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt.

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	31	31,5	33	30,5	26	24,5	25	26	24	19
250	49	49	49	40	49	41	42	41,5	42	42

Zerreissfestigkeit
weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	20	20	20
1	22	22	22
1	24	24	24
1	26	26	26
1	28	28	28
1	30	30	30+
1	32+	32+	



18 Kt. Nr. 190 vergütet

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	31,5	30	32	35,5	18,5	24,5	23	24	28	11
250	49	49	49	49	49	41	41,5	41,5	42	41

Zerreissfestigkeit
vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	32	32	32
1	34+	34+	34+

18 Kt. 5 % Pt. Anlieferungszustand

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	4,5	5	2,5	2	2	—	—	—	—	—
250	5,5	7	4,5	3,5	4	—	—	—	—	—
350	8	9	7,5	6,5	6,5	—	—	—	—	—
300	14	13	14	10,5	14	—	—	1,4	—	1,5
400	28	32	29	29,5	34,5	15	19,5	15,5	15,5	20,5
450	49	48	49	48	48,5	36	35	35	34,5	36

18 Kt. 5 % Pt. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt.

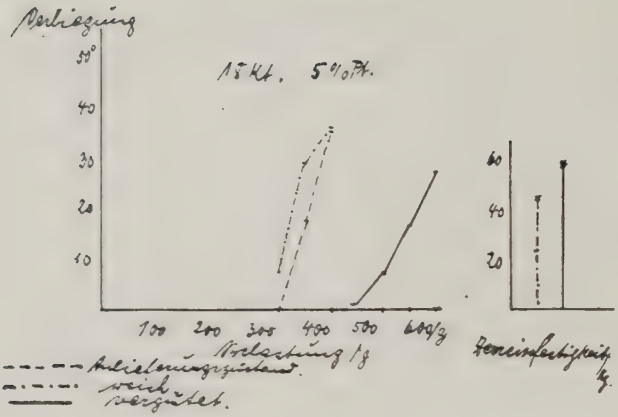
Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	5	2	5	2	4,5	—	—	—	—	—
250	7	3,5	6,5	4,5	7	—	—	—	—	—
300	0	7,5	7,5	9,5	8,5	—	—	—	—	—
350	16	22	18,5	21	17	5	9,5	11	9	5
400	49	40,5	47	41,5	35	36,5	27	33,5	28,5	22
450	—	49	49	46	49	—	35,5	36	36,5	36

Zerreissfestigkeit
weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	32	32	32
1	34	34	34
1	36	36	36
1	38	38	38
1	40	40	40
1	42	42	42
1	44+	44+	44+

18 Kt. 5 % Pt. vergütet

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	0,5	3	2,5	1,5	4	—	—	—	—	—
250	2	4,5	4	3	6	—	—	—	—	—
300	4	6	5,5	5	7,5	—	—	—	—	—
350	5,5	7	7	7	9,5	—	—	—	—	—
400	8	9,5	9	9	11,5	—	—	—	—	—
450	14	12	12	12	13,5	—	—	—	—	—
500	20,5	15	16	16	17,5	2	—	—	—	1,5
550	31,4	24,5	28	21,5	22	12,5	5,5	10,5	3	5,5
600	36	37	38,5	31,5	34	17	17	19,5	13	14,5
650	45,5	45	49	46	46	26,1	24,5	31	26	28



Zerreissfestigkeit vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	50	50	50
1	52	52	52
1	54	54	54†
1	56	56	
1	58†	58	
		60†	

18 Kt. 10 % Pt. Anlieferungszustand

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3,5	2	3,5	2	2,5	—	—	—	—	—
250	5	3,5	4	4	4,5	—	—	—	—	—
300	6	4,5	7	7	7	—	—	—	—	—
350	8	7,5	9	11	9	—	—	—	—	—
400	10,5	12	12	16	15	—	—	—	2,5	1
450	19	24	18	25	28	2,5	9	3,5	10	13
500	34	36,5	37,5	42	40	17	20	21,5	27	24
550	48	44	47,5	49	47,5	32	26,5	32	34	32,5

18 Kt. 10 % Pt. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3	4,5	3,5	2	3,5	—	—	—	—	—
250	4,5	6	5,5	4	5	—	—	—	—	—
300	6	8	7,5	5,5	7	—	—	—	—	—
350	8	10	9,5	8,5	13,5	—	—	—	—	—
400	12	14,5	15	16	19	—	1,5	2,5	2	7
450	24,5	27,5	30	28,5	30	10,5	14	16,5	14,5	16,5
500	40,5	45,5	43	48	49	26	31	29,5	33,5	34
550	49	49	49	49	—	34,5	34,5	34,5	34,5	—

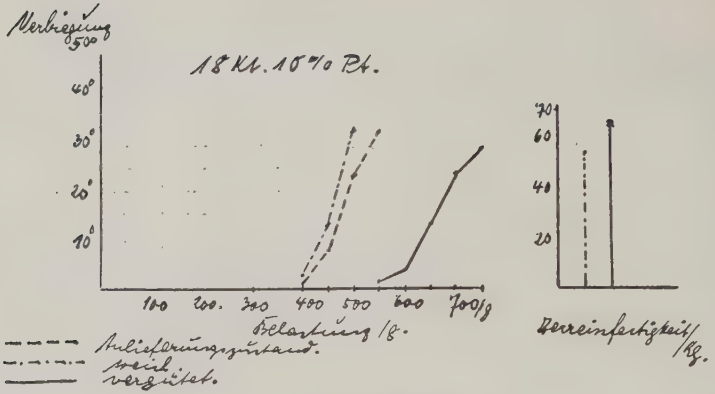
Zerreissfestigkeit

weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	40	40	40
1	42	42	42
1	44	44	44
1	46	46	46
1	48	48	48
1	50	50	50
1	52	52†	52†
1	54†		

18 Kt. 10 % Pt. vergütet

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	4,5	1,5	3	4	2,5	—	—	—	—	—
250	5,5	3	4,5	6	4	—	—	—	—	—
300	7	5	6	8	5	—	—	—	—	—
350	8,5	6,5	7,5	9,5	7	—	—	—	—	—
400	10,5	8	9	11	9	—	—	—	—	—
450	12,5	10	10,5	13,5	10	—	—	—	—	—
500	15	12	13,5	17	12,5	—	—	—	—	—
550	19,5	14	15,5	21	15,5	2	—	—	3	—
600	28,5	19,5	19,5	27,5	20	10	0,5	—	7,5	—
650	39,5	30	30	40	27	20,5	9	9,5	20,5	6
700	49	39	43,5	48	35,5	30	18,5	23	28	14,5
750	—	47	49	—	48	—	26	28	—	27



Zerreissfestigkeit
vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	50	50	50
1	52	52	52
1	54	54	54
1	56	56	56
1	58	58	58
1	60	60	60
1	62	62	62
1	64 †	64	64 †
		66 †	

20 Kt. gelb. Anlieferungszustand

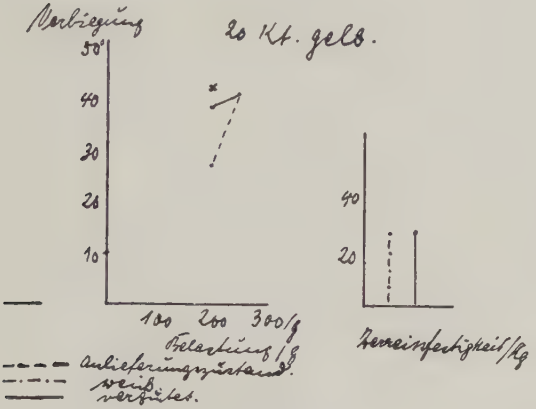
Belastung	Abbiegung					und Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	31,5	22	39	38	32	25	25	31	31	25
250	49	49	49	49	49	42	42	41,5	42	49,5

20 Kt. gelb. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	49	49	49	49	49	42,5	42,5	43	42,5	43

Zerreissfestigkeit
weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	20	20	20
1	22	22	22
1	24	24	24
1	26	26	26
1	28+	28+	28+



20 Kt. gelb, vergütet

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	35	49	49	49	44,5	27	43	44	41,5	36
250	40	—	—	—	49	41	—	—	—	41

Zerreissfestigkeit
vergütet

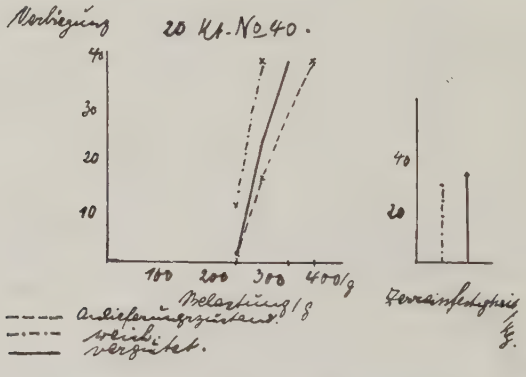
Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	20	20	20
1	22	22	22
1	24	24	24
1	26	26	26
1	28	28	28+
1	30+	30+	

20 Kt. Nr. 40. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	7	5	5,5	5	8	—	—	—	—	—
250	23	20	19	23	21,5	13	11	9,5	13,5	12
300	49	49	49	49	49	40,4	40	38,5	39	40

Zerreissfestigkeit weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	32+	32+	32+



20 Kt. Nr. 40. Anlieferungszustand

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	2,5	5,5	1	4	4	—	—	—	—	—
250	8	12,5	6	7,5	9	—	2,5	—	—	0,5
300	29	33,5	26	23	20,5	18,5	23	16,5	12,5	11,5
350	49	49	49	46	49	30,5	30	39	36,5	40

20 Kt. Nr. 40 vergütet

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	2	5,5	4	5	4	—	—	—	—	—
250	8	16	13	9	12	—	6	2	—	1,5
300	27	30	36	35,5	40	16	20	25,5	25	29,5
350	49	49	49	49	49	38,5	38,5	38,5	39,5	38,5

Zerreissfestigkeit
vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	32	32	32+
1	34	34	
1	36+	36+	

20 Kt. 10% Pt. Anlieferungszustand

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3	2,5	2,5	4,5	2	—				
250	4,5	4,5	4,5	6	4	—				
300	6,5	7	7	8,5	6,5	—				
350	9,5	14,5	14	14,5	12,5	—	2		1,5	
400	22	30	24,5	22	24	8,5	16,5	10,5	8,5	9,5
450	40	42	41	48	44,5	25,5	28	26,5	34	31,5
500	49	49	48,5	49	49	34	35,5	33	35,5	35

20 Kt. 10% Pt. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt

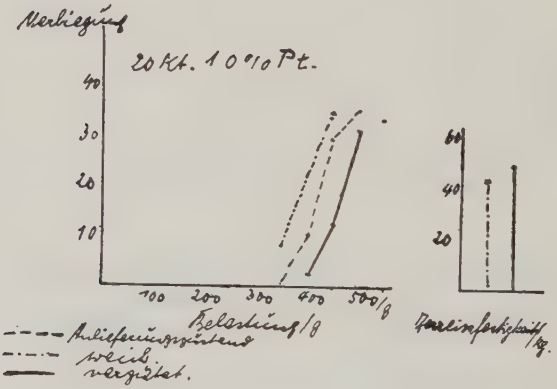
Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	3,5	3,5	2	6	5					
250	5	5,5	4,5	8	7					
300	8	8,5	7	11	10					
350	21,5	21,5	21	19	18,5	9	10	9	7,5	6,5
400	47	44,5	45,5	40	41,5	33,4	31,5	33	36,5	27,5
450	49	49	49		49	35,4	36,5	36,5		36,5

Zerreissfestigkeit
weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	40	40	40
1	42	42	42
1	44	44+	44
1	46+		46+

20 Kt. 10 % Pt. vergütet

Belastung	Abbiegung					und Verbiegung in Graden				
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	4,5	3	2,5	3,5						
250	6	5	5	5	7,5					
300	8	7	7	7	9,5					
350	11	10	10	10	12					
400	17,5	18	15	19	18,5	3	3	0,5	3,5	3,5
450	23,5	30,5	27,5	31	25,5	14	14,4	11	15	10
500	46	47	48	46	49	30	30,5	31,5	29	33
550	49	49	49	49		33	33	33	33,5	



Zerreissfestigkeit
vergütet

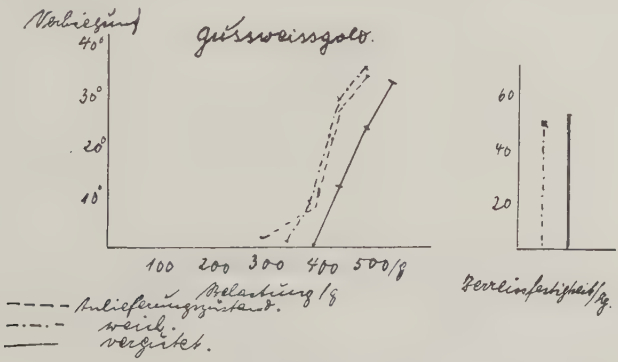
Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	40	40	40
1	42	42	42
1	44	44	44
1	46	46	46
1	48	48	48†
1	50†	50†	

Gussweissgold. Anlieferungszustand

Belastung	Abbiegung und Verbiegung in Graden									
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	2	3,5	1	1	2					
250	3,5	5	3	3,5	4					
300	14,5	8,5	5	6,5	7	3,5				
350	16,5	14,5	7	12	12	4,5	3,5		1	0,5
400	18	20,5	19	21	23,5	5	8	6	8	11
450	41	35	39	42	44,5	26,5	22	25	28	30,5
500	48,5	49	49	49	40	34	35,5	34,5	35	35

Gussweissgold. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt

Belastung	Abbiegung und Verbiegung in Graden									
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	2,5	3,1	2	2	5					
250	4,5	5	4,5	4	7					
300	6	7	7,5	6,5	9					
350	11,5	10	13,5	10	10			1		3
400	25	18,5	23,5	25	26	10	5	10,5	11	13,5
450	43	37	45	46	42,5	30	23,5	31,5	32	29,5
500	49	49	49	49	49	35,5	35	35	34,5	36



Zerreissfestigkeit weich

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	3 kg
1	30	30	30
1	40	40	40
1	42	42	42
1	44	44	44
1	46	46	46
1	48	48	48
1	50+	50+	50+

Gussweissgold vergütet

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	0,5	2,5	1,5	4	3,5					
250	1,5	4	2,5	5,5	5,5					
300	3	5,5	5,5	7	7					
350	5,5	8	8	9,5	10					
400	10,5	13	11	13,5	18,5					4,5
450	30	34	17	22	34	13,5	19,5	1	6,5	20
500	46,5	47	32,5	35	47,5	30	32,5	15,5	19,5	32,5
550	49	49	49	49	49	32,5	35	31	33	34

Zerreissfestigkeit vergütet

Belastung Zeit Min.	1 kg	2 kg	2 kg
1	30	30	30
1	40	40	40
1	42	42	42
1	44	44	44
1	46	46	46
1	48	48	48
1	50 ┼	50	50
1		52	52
1		54 ┼	54
1			56 ┼

8201 Weissgold. Anlieferungszustand

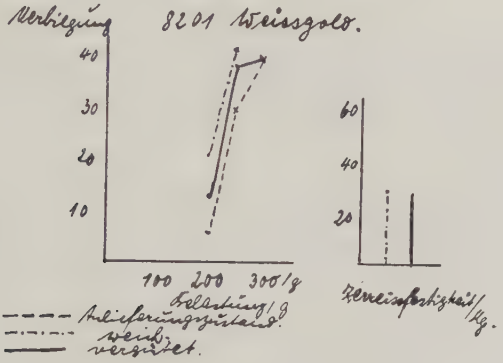
Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	15	12,5	16,5	16	9	7	5,5	9	8	1,5
250	37,5	30	40,5	42	35,5	29	21,5	36	37,5	28
300	49	49	49	49	49	40,5	41	40	40	40,5

8201 Weissgold. Auf Rotglut erhitzt und abgeschreckt

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	27,5	31	36	25,5	29	20,5	23	19	19	22
250	49	49	49	49	49	41,5	41,5	41,5	41,5	42

8201 Weissgold vergütet

Belastung	Abbiegung				und	Verbiegung				in Graden
g	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
200	24	18,5	16	15	35	15	12	2,5	6,5	28
250	49	46,5	45	45	49	41,5	38	36	36	41
300		49	49	49			39	40	40	



Zerreissfestigkeit von Weissgold

Belastung Zeit Min.	vergütet: 1 kg	2 kg	3 kg	weich: 1 kg	2 kg	3 kg
1	20	20	20	20	20	29
1	22	22	22	22	22	22
1	24	24	24	24	24	24
1	26	26	26	26	26	26
1	28	28+	28+	28+	28+	20+
1	30+					

Literaturnachweis.

Maranka:

Ueber die elastische Konstitution der Gold-Kupferverbindungen mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung für die Zahnprothese. Zahnärztl. Rundsch. 1921, S. 86.

Sterner-Rainer:

Die Verbindung Au-Cu in Goldlegierungen. Zeitschrift für Metallkunde 1925, Heft 5, S. 162—165.

Einige Eigenschaften der Legierungen Au-Ag-Cu. Zeitschrift für Metallkunde 1926, Heft 5, S. 143—148.

Tryfus:

Orthodontische Therapie. Fortschritte der Zahnheilkunde 1927, S. 847—854.

Walter:

Die mechanischen Eigenschaften echter und unechter Hauptbogen- und Fingerfedermaterialien der Orthodontik. Eine vergleichende Untersuchung über deren Verhalten nach mechan. und therm. Behandlung. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1929, Heft 14, S. 731—744.

Wannenmacher:

Eine neue Edelmetall-Legierung und ihre Anwendungsmöglichkeit. Zahnärztl. Rundschau 1927, Nr. 43 und 44.

Westphal:

Untersuchung über die elastischen Eigenschaften der Klammermetalle und ihre Veränderungen. Zahnärztl. Rundsch. 1929, Heft Nr. 21 und 22.

Lebenslauf.

Am 5. 4. 1905 wurde ich, Franz Uhl, in Königseggwald O.A. Saulgau geboren.

Nach Besuch der dortigen Schulen legte ich die Reifeprüfung am Gymnasium Ehingen a. D. im Frühjahr 1925 ab. Sodann studierte ich an der Universität Tübingen Zahnheilkunde, bestand das Physikum Ende des S. S. 1927 und im Herbst 1929 die Staatsprüfung.